



Bevarande av den akut hotade ormbunken, Skuggbräken, *Polystichum braunii*

- Habitat, hot och åtgärder

Conservation of the critically endangered fern, Braun's Holly Fern, Polystichum braunii - Habitat, threats and measures

Eric Sandelin



Självständigt arbete - 15 hp
Hortonomprogrammet
2021

Bevarande av den akut hotade ormbunken, Skuggbräken, *Polystichum braunii* - Habitat, hot och åtgärder

Conservation of the critically endangered fern, Braun's Holly Fern, Polystichum braunii - Habitat, threats and measures

Eric Sandelin

Handledare:	Mats Gyllin, SLU, Institutionen för Institutionen för människa och samhälle
Examinator:	Jonatan Leo, SLU, Institutionen för växtförädling
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i Biologi
Kurskod:	EX0855
Program/utbildning:	Hortonomprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för biosystem och teknologi
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2021
Omslagsbild:	Eric Sandelin
Nyckelord:	ex situ, in situ, ormbunke, bevarande, nederbörd, luftfuktighet, sporer, förna

Förord

Först och främst vill jag verkligen tacka min handledare Mats Gyllin för tålamod och all återkoppling under arbetets gång.

Jag vill även rikta ett tack till Länsstyrelsen i Skåne för hjälp att hitta uppsatsämnet och Joel Levin vid Lunds Botaniska trädgård för hjälp att besöka plantorna.

Riktat slutligen ett stort tack till min familj för all uppmuntran och hjälp.

Tack så mycket!

Eric Sandelin

11 mars 2021

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i JA, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i NEJ, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Skuggbräken är en akut hotad ormbunke med en enda känd lokal på Söderåsens Nationalpark, i Skåne. Detta är ett förarbete för att kunna utveckla en bevarandeplan för arten och kunna bevara populationen i odling, *ex situ*.

Av denna anledning har det varit viktigt att se på vilka hot och förutsättningar som finns för ett långvarigt bevarande av arten. Arbetet är baserat på populationsdata och meteorologiska data för att se hur detta verkar ha påverkat den svenska populationen. Detta har sedan jämförts med liknande studier som gjorts på arten i Tyskland och Norge, för att kunna dra slutsatser om vad som behöver göras för ett effektivt bevarandearbete.

Resultaten visar att det finns en stor risk för att skuggbräken dör ut vid den enda kända lokalen och att det skulle vara viktigt att bevara plantor i odling. Sporsådderna har visat att det finns goda möjligheter att driva upp plantor för att långsiktigt bevara en population *ex situ*.

Slutligen finns två bilagor, med metodik för sporsådd och enklare beräkningar för genetiskt bevarande, som ska ses som exempel på hur man rent praktiskt skulle kunna arbeta för bevarande av arten *ex situ*.

Abstract

Braun's Holly Fern is a critically endangered fern with one known locality at Söderåsens National park, in Scania. This is preparatory work to be able to develop a conservation plan for the species and to conserve the population in cultivation, *ex situ*.

It has for this reason been important to look at what threats and conditions there are for long term conservation of the species. The work is based on population data and meteorological data to see how this seems to affect the Swedish population. This has then been compared to similar studies done for the species in Germany and Norway, to be able to draw conclusions about what needs to be done for effective conservation work.

The results show that there is a high risk for Braunn's holly fern to go extinct on the only known location and that it would be important to conserve plants in cultivation. Sowing of spores have shown good possibilities to raise plants for long term conservation of a population *ex situ*.

Finally there are two appendices, with method for spore propagation and a simple calculation for genetic conservation, that should be seen as examples for how to practically work with conservation of the species *ex situ*.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	7
1.1.	Problembeskrivning	7
1.1.1.	Frågeställningar	7
1.2.	Beskrivning av skuggbräken, <i>Polystichum braunii</i>	8
1.3.	Skuggbräkens ursprung	8
1.4.	Bevarande <i>ex situ</i>	8
2.	Syfte	9
3.	Metod	10
3.1.	Data- och litteraturinsamling	10
3.1.1.	Populationsdata	10
3.1.2.	Meteorologisk data	10
3.1.3.	Habitat och hot	10
3.1.4.	Meteorologiska data och jämförelser	11
3.1.5.	Populationstrender i förhållande till miljöfaktorer	11
3.1.6.	Metodik för sporförökning	11
3.1.7.	Genetiskt bevarande	11
4.	Resultat	12
4.1.	Habitat, status och hot	12
4.1.1.	Populationsbeskrivning och status i Sverige	12
4.1.2.	Ansamling av förna	14
4.1.3.	Förändring av dominerande trädslag	14
4.2.	Populationsutveckling jämfört med nederbörd, luftfuktighet och minimumtemperatur	15
4.2.1.	Nederbörd	15
4.2.2.	Luftfuktighet	16
4.2.3.	Minimumtemperatur	17
4.2.4.	Snötäckets betydelse för skuggbräken	17
4.3.	Sporförökning	18
4.3.1.	Förvaring av sporer	19
4.4.	Genetiskt bevarande	20
4.4.1.	Genetiska riktlinjer för skuggbräken	20
5.	Diskussion	21
5.1.	Faktorer som missgynnar <i>P. braunii</i>	21
5.1.1.	Klimatförändring	21
5.1.2.	Ansamling av förna	21
5.1.3.	Förändring av dominerande trädslag och skötsel	22
5.2.	Förvaring av sporer	22
5.2.1.	Insamling av sporer	23
5.3.	Åtgärder för att bevara <i>P. braunii in situ</i>	24
5.4.	Förökning <i>ex situ</i>	24
5.5.	Genetiska riktlinjer för skuggbräken	24
5.6.	Utplantering av odlat material	25
6.	Referenser	26
7.	Bilagor	28
7.1.	Bilaga 1 - Metodik för sporförökning av skuggbräken	28
7.2.	Bilaga 2 - Genetiska beräkningar för bevarande av genetisk diversitet	33

1. Inledning

Förlust av biologisk mångfald är idag ett resultat av människans exploatering av miljön och ett föränderligt klimat, både i Sverige och globalt. Detta leder till förändrade förutsättningar för en stor mängd arter att överleva och vi är redan inne i ett pågående massutdöende (Ceballosa et al. 2017). I vissa fall är det avgörande att ta in en art *ex situ*, då dess naturliga miljöer helt försvunnit eller riskerar att försvinna.

1.1. Problembeskrivning

Bevarande av arter är idag viktigare än någonsin tidigare och mycket arbete med växter går idag att se i exempelvis botaniska trädgårdar (Rosquist et al. 2018).

Biologisk mångfald bidrar till viktiga funktioner som ibland tas för givet, men som är essentiella för människor över hela jorden (European Parliament 2020). Pollinatörer som pollinerar grödor och växter som utgör grunden för näringskedjan. Det bidrar även till att minska de negativa effekter som klimatzörändringarna har på planeten, med hav och vegetation som binder stora mängder kol. Förlust av arter kan även leda till ytterligare förlust av andra arter som varit beroende av andra arter för sin överlevnad.

Länsstyrelsen i Skåne och Lunds Botaniska förening samarbetar sedan 2015 med Lunds botaniska trädgård och de botaniska trädgårdarna Fredriksdal museer och trädgårdar i Helsingborg och Botaniska trädgården vid Lunds universitet. Arbetet har huvudsakligen fokuserat på blomväxter och detta är det första arbetet med bevarande av en kärlekryptogam *ex situ* i Sverige och Skåne (Rosquist et al. 2018).

Skuggbräken är idag starkt hotad på grund av sin väldigt begränsade utbredning och det låga antalet individer i populationen. Detta gör det väldigt viktigt att effektivt kunna odla upp och bevara arten *ex situ*.

Det är även viktigt att se på vilka faktorer som missgynnar arten och som skulle kunna leda till ett utdöende på lokalen. Detta för att sätta in rätt åtgärder även *in situ*, och hur lokalen ska skötas för att säkerställa populationens fortsatta överlevnad.

1.1.1. Frågeställningar

Utefter problembeskrivningen har tre huvudsakliga frågeställningar utformats. Den första är "Går det att utläsa vilka faktorer som påverkar populationsutvecklingen hos skuggbräken?" där det tittas på bakgrunden för det låga antalet plantor och fluktuationer hos populationen. Sedan är frågan "Vilka åtgärder skulle kunna göras för att säkra populationens överlevnad *in*

situ?” för att se ifall det finns några konkreta åtgärder för skuggbräken. Slutligen har frågan varit “Går skuggbräken att driva upp och bevara *ex situ*?” för att se ifall det är praktiskt att hålla skuggbräken i odling.

1.2. Beskrivning av skuggbräken, *Polystichum braunii*

Skuggbräken, *Polystichum braunii*, är en ormbunksväxt, *Pteridophyta*, i familjen Dryopteridaceae, träjonväxter, och i släktet *Polystichum*, taggbräknar. Släktet har 180-500 arter med kosmopolit utbredning, över hela jorden. I Sverige finns ytterligare två arter förutom skuggbräken. Dessa arter är taggbräken, *Polystichum lonchitis*, och uddbräken, *Polystichum aculeatum*, vilka båda också är relativt ovanliga med begränsad utbredning i Sverige. Det finns även ett antal arter i odling, som exempelvis spetsbräken, *Polystichum setiferum*, från södra och västra Europa (Den virtuella floran 1998).

1.3. Skuggbräkens ursprung

Jorgensen et al. (2017) går över skuggbräkens ursprung. Arten verkar ha uppkommit genom hybridisering, men det exakta ursprunget och vilka föräldrararter som varit bidragande till uppkomsten av *P. braunii* är inte fullt utredd. Studier tyder på en uppkomst västra Nordamerika eller östra Asien, med både morfologiskt och genetiskt lika arter, även om de båda föräldrararterna troligen är utdöda. Släktskapet med de europeiska arterna är mindre och troligen har arten invandrat relativt nyligen till Europa.

Skuggbräken delas upp i ett flertal underarter och variationer enligt Jorgensen & Barrington (2017), ibland behandlade som egna arter, med representerade taxa i östra respektive västra Nordamerika, östra Asien och delar av östra Himalaya. I Sverige och Europa är det *var. braunii* som förekommer.

1.4. Bevarande *ex situ*

Ex situ är latin och betyder bokstavligt, “från plats” (Oxford Reference u.å.a), och *ex situ*-bevarande blir då “bevarande på annan plats”, vilket syftar på att bevarandet inte sker på den plats där en art naturligt finns, i odling . Motsvarigheten till *ex situ* är *in situ*, som betyder “på plats” (Oxford Reference u.å.b) och syftar på att en art bevaras i sitt naturliga habitat.

Dessa två termer motsäger inte varandra utan kan användas i kombination. Exempelvis, som i fallet med skuggbräken, kan material i form av sporer samlas in för att uppföröka plantor *ex situ* samtidigt som åtgärder görs för att säkerställa överlevnaden av populationen *in situ*. Att bevara en art *ex situ* kan vara ett sätt att säkerställa att den genetiska mångfalden hos populationen finns tillgänglig även om den lokalt dör ut en plats (Rosquist et al. 2018).

2. Syfte

Denna uppsats syfte är att få en bättre bild över hur skuggbräken, *P. braunii*, ska kunna bevaras. Den svenska populationen är idag starkt hotad på grund av sin väldigt begränsade utbredning och det låga antalet plantor (Artfakta 2020). Det är till viss del oklart hur plantorna i det vilda påverkas av olika faktorer och vad som kan göras för att förbättra förutsättningarna för populationen.

Det är därför viktigt att se över vilka åtgärder som borde inkorporeras för att säkerställa artens överlevnad. Detta innefattar åtgärder på lokalen i sin helhet, odling och bevarande av arten, *ex situ*, i exempelvis Lunds Botaniska trädgård, och för att kunna hitta andra eventuella platser för återintroduktion.

3. Metod

Huvuddelen av arbetet är utformat som en litteraturstudie för att få en beskrivning av arten och dess miljökrav. Sedan har meteorologiska data sammanställts för att jämföra med litteratur och populationsdata.

Ingen exakt lokalangivelse, mer än Söderåsens Nationalpark i Skåne, kommer nämnas i uppsatsen då det är en skyddad uppgift som anförtratts för skrivandet av denna uppsats.

3.1. Data- och litteraturinsamling

3.1.1. Populationsdata

Populationsdatan har tillhandahållits av Charlotte Wigermo (Floraväktarna 2020) som är floraväktarsamordnare i Skåne. Inventeringarna har skett nästan årligen mellan 1995 och 2019. Floraväktarna fortsätter att bevaka arten.

Ett besök gjordes hos populationen, med hjälp av Joel Levin från Lunds Botaniska trädgård, i början av juli 2020 för att se plantorna, lokalen och för att kunna ta bilder. Samtidigt räknades plantorna.

3.1.2. Meteorologisk data

Den meteorologiska datan har laddats ner från SMHI och från mätstationerna närmast lokalen. Denna data har sammanställts till grafer för att kunna jämföras med populationens utveckling över tid.

3.1.3. Habitat och hot

Denna del är till största del en litteraturstudie gällande habitatkraven som skuggbräken har i andra delar av Europa (Schwerbrock & Leuschner 2017; Mütter et al 1998), och vilka hot som finns mot arten.

Dessa resultat jämförs sedan med den sammanställda meteorologiska datan och populationsutvecklingen.

3.1.4. Meteorologiska data och jämförelser

Meteorologiska data är hämtad från SMHI, från 1995 och fram till 2020, för de avståndsmässigt närmast belägna mätstationerna. Dessa är i första hand från mätstation Gillastig, mätstationen närmast lokalen, och i andra hand från mätstation Helsingborg A, ca 30 km från lokalen (SMHI 2020b; SMHI 2020c).

De meteorologiska data som undersökts är nederbörd, luftfuktighet och temperatur. Dessa data har i sin tur jämförts med habitat-/hotstudierna och populationens trend.

3.1.5. Populationstrender i förhållande till miljöfaktorer

Grafer av hur populationsutvecklingen varierar beroende på olika miljöfaktorer har gjorts. De undersökta faktorerna är nederbörd, relativ luftfuktighet och minimumtemperaturer för givna år då inventeringar har gjorts, och dessa har ställts mot populationsutvecklingen. Även omnämnanden av ett antal andra faktorer som kan påverka, men som inte har undersökts närmare i denna uppsats.

Resultaten av dessa jämförelser ska ses som trender då det finns fler faktorer som spelar in.

3.1.6. Metodik för sporförökning

Metodiken för sporsådd bygger på försök med sporer under 2020 och 2021 för att testa uppdrivning av gametofyter, den reproducerande fasen, och bildandet av unga sporofyter, den egentliga ormbunken. Det presenteras inga ingående resultat för dessa försök, utan endast en beskrivning av metoden, i Bilaga 1.

3.1.7. Genetiskt bevarande

Enkla beräkningar och uppskattningar för bevarandet av den genetiska variationen är gjorda på sannolikhet vid självfertilisering av gametofyter. Detta är endast ett förslaget tillvägagångssätt som kräver djupare efterforskning. Dessa beräkningar utgår i princip från att den haploida gametofyten enbart bidrar med 50% av moderplantans arvs massa och presenteras i Bilaga 2.

4. Resultat

4.1. Habitat, status och hot

P. braunii har spridda populationer i Asien, Nordamerika och Europa, med flera underarter beskrivna (Jorgensen et al. 2017). Detta innebär att det troligen finns en viss inomartsvariation av habitatkrav. Här behandlas i huvudsak de europeiska populationerna, med vissa paralleller dragna till de nordamerikanska angivelserna (Brzeskiewicz & Fields 2003).

Skuggbräken växer som undervegetation, men är aldrig speciellt vanlig där den förekommer, varken i Europa (Schwerbrock 2016) eller Nordamerika (Brzeskiewicz & Fields 2003), och förekommer i små spridda populationer. Den är relativt vattenkrävande både vad gäller luftfuktighet och markfukt. På många lokaler i Centraleuropa växer *P. braunii* ofta i nära anslutning till rinnande vatten. Exempel på dessa platser är vattenfall och bäckfåror. Arten växer dock inte i konstant stående vatten (Schwerbrock & Leuschner 2016).

4.1.1. Populationsbeskrivning och status i Sverige

Lokalangivelserna är en skyddad uppgift och kommer av denna anledning inte att specificeras närmare än, Söderåsens Nationalpark i Skåne. Den är känd från Söderåsen sedan tidigt 1800-tal (Artfakta u.å.).

Skuggbräken är i Sverige starkt hotad på grund av sin begränsade utbredning och dess låga antal reproduktiva individer (Artfakta u.å.). Antalet plantor har legat mellan 8 st år 1997 och 47 st 2017. 2018 var antalet nere 19 plantor och 12 plantor 2020 (Floraväktarna 2020).

Den svenska populationen växer i en kraftig 45-gradig nordsluttning, dominerad av bok, *Fagus sylvatica*, med en bäckfåra som, beroende på nederbörd, både tillför extra markfukt och höjer luftfuktigheten i den direkta närheten till plantorna (Artfakta u.å.).

En notering från 2018 påpekar att skogsalmen, *Ulmus glabra* (Floraväktarna 2020), gått tillbaka kraftigt i området till följd av almsjukan, *Ophiostoma ulmi*, vilket lett till ett större ljusinsläpp i ravinen.

Vid besök av populationen kunde det konstateras att åtminstone ett större träd mitt i fåran där plantorna växer dött och därmed kraftigt ökat ljusinsläppet, vilket även nämns i Floraväktarnas data (Floraväktarna 2020).

Den nordliga till lätt nordostliga riktningen av ravinen förhindrar direkt solbelysning av plantorna (Artfakta u.å.), se *Figur 1*.



Figur 1; Översiktsbild över ravinen där skuggbräken växer.

Artfakta (u.å.) nämner behovet av ett kvarvarande busk- och trädskikt, vilket stämmer, men det är viktigt att utvärdera vilka arter som dominerar på växtplatsen. Dominans av bok, *Fagus sylvatica*, är karaktäristisk för minskande och utdöda populationer i Tyskland enligt Schwerbrock & Leuschner (2017).

4.1.2. Ansamling av förna

Enligt Schwerbrock & Leuschner (2017) verkar *P. braunii* missgynnas av stora mängder förna som ackumuleras. Slutna förnalager gör *P. braunii* mindre konkurrenskraftig och återfanns sällan på dessa platser.

Ackumulering av förna är påtagligt i skog dominerad av bok, *F. sylvatica*, med löv som bryts ned långsammare än exempelvis löv från ask, *Fraxinus sp.* Detta beror till viss del på den höga C:N-kvoten i löven hos bok (Jacob et al. 2010).

I Tyskland är skuggbräken vanligen associerad med skog dominerad av lönn, *Acer sp.*, och lind, *Tilia sp.* (Schwerbrock & Leuschner 2017). Förnan i dessa skogar bryts vanligen ner fortare än i bokdominerad skog och tillåter för lyckad etablering av mosslager och groning av sporer. Man kan även se ett positivt samband mellan högre grad av mossbevuxna ytor och förekomsten av skuggbräken. Mossan är i sig ett tecken på högre luftfuktighet och frånvaron av förna. Ifall det faktiskt är mosslaget som utgör ett bra substrat för sporena eller om det enbart är tecken på fördelaktiga miljöförhållanden, är inte fullt klarlagt (Schwerbrock & Leuschner 2017).

4.1.3. Förändring av dominerande trädslag och skötselmetoder

Som nämnt finns korrelation mellan bokens, *F. sylvatica*, dominans och minskande populationer av *P. braunii* i Tyskland där arten gynnas av andra typer av trädslag, *Acer sp.*, *Tilia sp.* och *Fraxinus sp.* (Schwerbrock 2016).

Boken utgör enligt skötselplanen från Naturvårdsverket (2001) ca 56% av skogsarealen. Det nämns även att bokskogen brukades av människor under 1600-talet och att även ek, *Quercus spp.*, då fanns i området, tillsammans med en troligen mer varierad trädflora generellt.

4.2. Populationsutveckling jämfört med nederbörd, luftfuktighet och minimumtemperatur

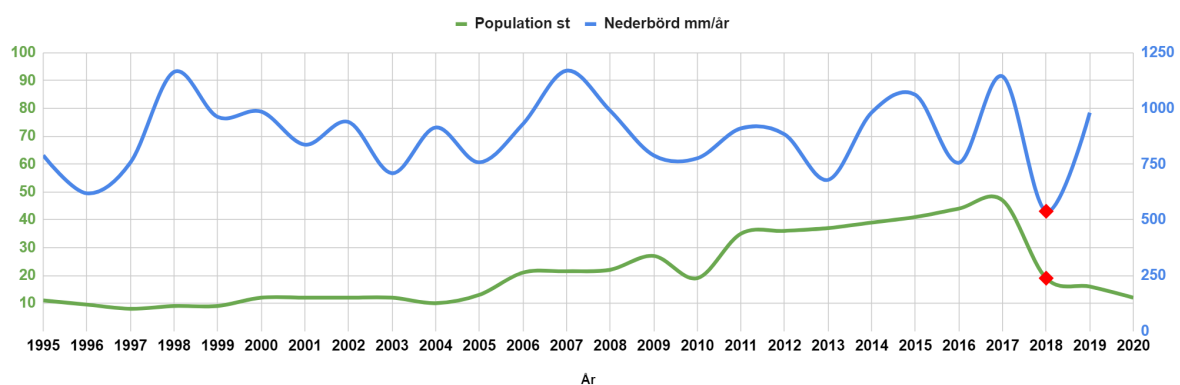
Resultaten av dessa jämförelser ska ses som trender då en del data är samlat relativt långt från lokalen där populationen växer. Andra faktorer spelar troligen också in, som exempelvis det lokala mikroklimatet i den kraftiga nordsluttningen.

4.2.1. Nederbörd

Det verkar finnas ett generellt samband mellan nederbörden och det antal individer som har kunnat noteras på lokalen. Det är framför allt tydligt när man ser till året 2018, med en årsnederbörd på enbart 538,1 mm vid mätstation Gillastig (SMHI 2020a). Medelnederbörden per år är 881,1 mm. Nederbörden under 2018 är också den lägsta sedan 1995, med sju månader med en total nederbörd under 30 mm (SMHI 2020a).

I västra Norge förekommer skuggbräken i områden med höga nederbördsmängderna, i snitt 2125 mm/år enligt (Mütter et al. 1998), jämfört med i snitt 874 mm/år enligt SMHI (2020a) vid mätstation Gillastig. Den svenska populationen får med andra ord enbart 41% av nederbörden i jämförelse med de norska.

Minskning, ökning eller utdöende av de tyska populationerna korrelerar också med nederbördsmängden under vegetationsperioden (maj till september). I områden där populationerna minskar är nederbörden <500 mm under vegetationsperioden (Schwerbrock & Leuschner 2017).



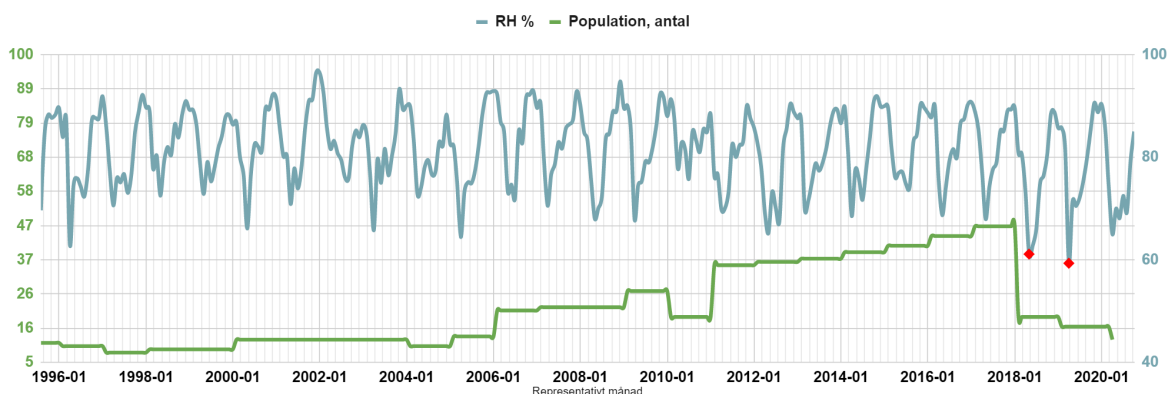
Graf 1. Populationsstorlek har jämförts med nederbörden. De röda punkterna visar året 2018 med ovanligt låg nederbörd och en drastisk minskning i antalet noterade plantor av skuggbräken, efter ett tidigare ökande antal.

4.2.2. Luftfuktighet

Skuggbräken är starkt gynnad av hög tillgång på vatten. Både markfukt och luftfuktighet. Detta både för sporofytens överlevnad och för lyckad föryngring. Både i Europa (Schwerbrock 2016) och Nordamerika (Brzeskiewicz & Fields 2003) kan man notera att arten ofta förekommer vid bäckar och vattenfall, vilket överensstämmer med den svenska lokalen som är starkt skuggade, trädbevuxna nordsluttningar med en bäckfåra (Artfakta u.å.).

Luftfuktigheten tycks vara den viktigaste miljöfaktorn när det kommer till plantans tillväxt och utveckling enligt Schwerbrock & Leuschner (2016), där de odlade skuggbräken under olika relativ luftfuktighet för att utvärdera betydelsen av dessa. Resultaten visade på en stark positiv respons hos plantan under högre luftfuktighet.

Sambandet i Sverige är inte fullt lika tydligt. Två tillfällen, våren/sommaren 2018 och våren/sommaren 2019, har månader med i genomsnitt 60% relativ luftfuktighet (SMHI 2020c). Återkommande perioder med RH under 60% är tydligt hos minskande populationer av skuggbräken i Tyskland (Schwerbrock & Leuschner 2017).



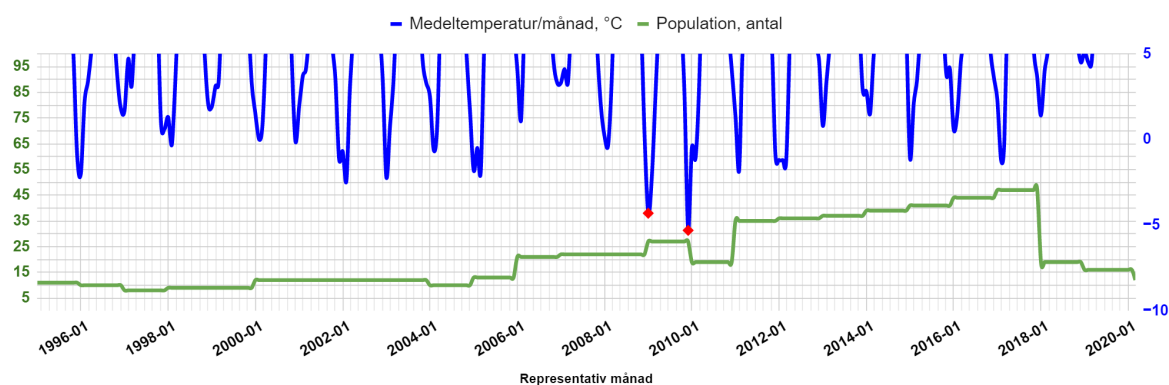
Graf 2. Populationsstorlek har jämförts med medel relativ luftfuktighet (RH %). De röda punkterna visar våren/sommaren 2018 och våren/sommaren 2019 med ovanligt låga månadsmedeltemperaturer (ca 60%) och en viss minskning/nedåtgående trend i antalet noterade plantor av skuggbräken.

4.2.3. Minimumtemperatur

Även minimitemperaturen verkar ha en påtaglig effekt på populationen och man kan efter den kalla vintern 2009/2010 (SMHI 2020b) se antalet plantor minska från 27 plantor till 19 plantor (Floraväktarna 2020). Medel minimum-temperatur för december var 5,3°C år 2009 och 3,6°C 2010 för mätstation Helsingborg A. Medel för minimumtemperaturen mellan 1995 och 2019 ligger på 5,4°C (SMHI 2020b).

Även sett till medelmaximumtemperatur var 2010 kallt, 10,3°C. 2009 var medel maximum temperaturen 12,3°C. Mellan 1995 och 2019 låg medeltemperaturen i snitt på 12,4°C (SMHI 2020b).

Medeltemperaturen för december 2009 var -5,3°C. Medeltemperaturen för december mellan 1995 och 2018 ligger på 4,3°C, och 3,3°C för januari mellan 1996 och 2019, (SMHI 2020b).



Graf 3. Populationsstorlek har jämförts med månadsmedeltemperatur, med avseende på minimitemperaturer. De röda punkterna visar vintern 2008/2009 och vintern 2009/2010 med ovanligt låga månadsmedeltemperaturer och en viss minskning i antalet noterade plantor av skuggbräken.

4.2.4. Snötäckets betydelse för skuggbräken

Snötäcke verkar också vara korrelerat med skuggbräkens överlevnad i Tyskland (Schwerbrock & Leuschner 2017). I detta arbete har snötäckets betydelse inte utvärderats, men kan troligen påverka effekterna av låga vintertemperaturer.

4.3. Sporförökning

Britannica (u.å.) beskriver i detalj med bilder hur livscykeln för ormbunkar fungerar.

Sexuell förökning av ormbunkar sker via sporer. När sporerna gror bildar dessa haploida gametofyter som i sin tur innehåller de delar där könsceller bildas. Det är där befruktningen sker. De hanliga könscellerna, spermier, bildas i de hanliga delarna, så kallade anteridium. Arkegonet är den honliga motsvarigheten där ägget finns. Spermierna är av denna anledning beroende av vatten för att kunna vandra från anteridiet till arkegonet för befruktning. Det är först efter befruktning som den egentliga, diploida, sporofyten bildas. Denna typ av förökning kallas generationsväxling.

Sporer av många ormbunkar är ljusgroende och utvecklas därför inte i mörker även om tillgången av vatten är tillräcklig (Quintanilla et al. 2002).

Bilaga 1 beskriver den metod som använts för att testa sporförökning av skuggbräken. Resultaten har varit positiva och givit upphov till ett stort antal sporofyter.



Figur 2. Omogna sori på undersida av fertilt blad.



Figur 3. Unga protallier av *P. braunii*.

4.3.1. Förvaring av sporer

Sporer har dålig hållbarhet, till skillnad från många fröer, och sås med fördel färska för att uppehålla god grobarhet (Quintanilla et al. 2002).

Fertila blad insamlade från odlad planta i mars 2020 och förvarad torrt i temperaturer mellan 15-30°C gav fortfarande utveckling av gametofyter vid sådd i oktober 2020. Inga mer ingående groningstester har utförts med dessa sporer.

Enligt Quintanilla et al. (2002) är vanligen grobarheten av sporerna kraftigt reducerat efter 6-12 månader vid torrförvaring. Temperaturmässigt är svala temperaturer eller till och med frysning att föredra vid torrförvaring.

Våtförvaring är en mer krävande metod för att förvara sporer, där sporer förvaras mörkt och svalt eller fruset (Quintanilla et al. 2002). Det är delvis opraktiskt på grund av utrymmet det kräver, men skulle kunna vara en kortsiktig metod som bör utvärderas.

För *Dryopteris aemula* låg grobarheten på ca 67% vid våtförvaring, på agarplattor, vid -20°C efter 12 månader (Quintanilla et al. 2002).

Hos stensötor, *Polypodium sp.*, finns det tendenser på att polyploida arters sporer är grobara längre än dess diploida släktingar. Detta samband kunde dock inte ses mellan tetraploida och

diploida arter av lundbräknar, *Dryopteris sp.*, där grobarheten var oberoende av ploiditet (Quintanilla et al. 2002). Om det samma gäller för *Polystichum spp.* framgår ej.

4.4. Genetiskt bevarande

4.4.1. Genetiska riktlinjer för skuggbräken

Polyploiditet är vanligt förekommande hos många växter och innebär att en art har mer än en uppsättning av kromosompar. I faller med *P. braunii* så är arten allotetraploid (Jorgensen et al. 2017), vilket innebär att den uppstått genom hybridisering mellan två olika taxa, där båda föräldrararterna bildat diploida gametofyter. Vid befruktningen bildas då en sporofyt, den egentliga ormbunken, med fyra uppsättningar kromosomer.

Det finns indikationer på att polyploida arter, som skuggbräken, i högre grad förlitar sig på självfertilisering och därför producerar fler tvåkönade gametofyter. Sådan tycks vara fallet med uddbräken, *Polystichum aculeatum*, enligt Jorgensen et al. (2017). Detta är många gånger en förutsättning för att polyploida arter ska kunna bildas och föröka sig sexuellt, då det saknas närstående individer med kompatibla kromosomuppsättningar.

P. braunii är tetraploid, $4n=164$ kromosomer (Den virtuella floran 1998), medan föräldrararterna varit diploida, $2n=82$ kromosomer.

Baserat på hur förökningen sker hos ormbunkar (Britannica u.å.) har ett exempel tagits fram för hur det genetiska bevarandet skulle kunna utvärderas för hela populationen. Detta presenteras i Bilaga 2.

5. Diskussion

5.1. Faktorer som missgynnar *P. braunii*

5.1.1. Klimatförändring

Det förefaller ganska självklart att ett förändrat klimat är ett hot mot den lilla populationen av skuggbräken fortfarande finns kvar. Sommaren 2018 var både ovanligt nederbördsfattigt (SMHI 2020a) och torr, vilket ledde till lägre relativ luftfuktighet (SMHI 2020c). Enligt Floraväktarna (2020) var populationen 2017 rekordhög med hela 47 plantor medan det 2018 hade sjunkit till 19 plantor, efter att ökat successivt sedan 1995. Det är en minskning med nästan 60%. 2020 var populationen nere på enbart 12 plantor, vilket är en ytterligare minskning med ca 37% från 2018.

En liknande period likt sommaren 2018 skulle kunna innebära ett utdöende för arten i Sverige.

Enligt Naturvårdsverket (2020) förväntas klimatförändringarna i Sverige att leda till mildare vintrar och med ökad årsnederbörd vilket skulle kunna gynna skuggbräken. Dock förväntas även temperaturerna under sommaren att öka och antalet värmeböljor att bli fler. Detta ger då troligen mer påtagliga torrperioder som är ett hot mot skuggbräken i Sverige.

Av denna anledning är det angeläget att göra en insamling inom en snar framtid för att kunna driva upp en representativ population och bevara *ex situ*.

Även låga temperaturer och brist på snötäcke verkar påverka skuggbräken negativt. I detta arbete har snötäckets betydelse inte utvärderats, men kan troligen påverka effekterna av låga vintertemperaturer.

5.1.2. Ansamling av förna

Mindre ackumulering av bokförna skulle kunna förklara skuggbräkens mer allmänna förekomst i västra Norge, där bok inte är inhemsk (Mütter et al. 1998). Ser man även till den svenska populationens växtplats, i en ravin med brant lutning (Artfakta u.å.), så innebär detta att löv inte ackumuleras. Liknande trender kan enligt Schwerbrock & Leuschner (2017) ses i södra, östra och centrala Europa, där arten vanligen förekommer på högre höjd där förna inte kan ansamlas i samma utsträckning.

5.1.3. Förändring av dominerande trädslag och skötsel

Med tanke på almens tillbakagång (Floraväktarna 2020), till följd av almsjuka, och även askens, *Fraxinus excelsior*, minskning, till följd av askskottsjuka, *Hymenoscyphus fraxineus*, finns det risk för att bok fyller den plats som lämnas av dessa träd när de dör. Det skulle av denna anledning kunna vara intressant att se på möjligheterna att minska bokens dominans i området för att förbättra förutsättningarna för skuggbräken.

Detta skulle kunna göras genom att gallra bort yngre träd av bok för att gynna andra trädslag för att på längre sikt skapa bättre förutsättningar för skuggbräken i den berörda ravinen.

Artfakta (u.å.) nämner att populationen minskat dramatiskt de senaste decennierna och möjligen är detta även delvis på grund av förändrad skötsel.

Enligt bevarandeplanen från Länsstyrelsen Skåne (2018) är området dock en nyckelbiotop för kryptogamer vilket troligen skulle göra det svårt att minska bokens dominans i området.

Exakt hur området har förändrats sedan 1600-talet framgår inte i detalj, men de nämner att skogen börjar återfå naturskogsliknande kvaliteter, som möjligen missgynnar skuggbräken långsiktigt.

Möjligen är den svenska populationen en relik från en tid då skogsarealerna inte var lika dominerande, och framför allt innan boken vandrade norrut och till södra Sverige.

Det skulle troligen vara bra att mer ingående inventera och utvärdera hur skötseln har förändrats och vad som kan göras skötselmässigt i ravinen där skuggbräken växer. Delvis för att utvärdera ifall andelen bok är ökande i området och om det är möjligt att på lång sikt förändra sammansättningen av träd.

5.2. Förvaring av sporer

Fördelarna med våtförvaringen hos flera andra ormbunkar skulle kunna vara ett tecken på att *P. braunii* bildar en vilande sporbänk med möjlighet att gro när rätt ljusförhållanden uppstår. Så även om samtliga plantor dör bort, kan möjligen arten återetablera sig från sporbanken.

Trots de begränsade möjligheterna att långvarigt bevara sporer skulle det kunna vara bra att upprätta någon form av förvaring för sporer under flera förhållanden och utvärdera

grobarheten hos sporer över tid. Detta skulle i så fall kunna agera som genetisk backup som dock behöver förnyas med jämna mellanrum för att garantera spornas livsduglighet.

5.2.1. Insamling av sporer

Med tanke på hotstatusen är det oklart hur insamling av sporer bör göras för att inte skada plantor och blad. De traditionella insamlingmetoderna går vanligen ut på att samla in blad som tillåts torka. Vid torkning ökar spänningen i sporangium som leder till att det öppnas och släpper ifrån sig sporer (se *Figur 4*). Detta är svårare att åstadkomma utan att insamla fertila blad, eller delar av blad, (Jones 2016).



Figur 4. Mogna sporangium samlade i sorus.

För insamling av fertila blad, eller del av blad, med mogna sori (sporgömmesamlingar). Dessa bör vara mörkt bruna till färgen. Jämför *Figur 4*, som visar ljusa mogna sporangier där indusiet (skyddande hinna som täcker soruset innan detta mognat) har fallit av, med *Figur 2* som visar omogna sori, med det skyddande indusiet. Insamlat material bör samlas separat från samtliga individer för att kunna driva upp separat material från varje planta. Materialet borde sedan torkas vidare för att kunna avlägsna exempelvis indusier.

Tillstånd för insamling

För att samla in sporer från skuggbräken krävs tillstånd från Länsstyrelsen.

5.3. Åtgärder för att bevara *P. braunii in situ*

Det finns ett antal åtgärder som skulle kunna användas för att stärka population, både *in situ* och *ex situ*. Dessa tillvägagångssätt är möjliga att använda i kombination för att delvis, i fallet med *in situ* bevarande, säkerställa den existerande populationens fortlevnad och med *ex situ* bevarande, bevara den genetiska diversiteten.

Denna studie visar dock att det finns risker, som förändrat klimat, vilket oberoende av skydd av lokalen kan innebära att arten tyvärr utgår. Nederbörd, som är nära kopplat till luftfuktighet, är den viktigaste faktorn (SMHI 2020a, SMHI 2020b, Schwerbrock & Leuschner 2017). Mycket tyder på att Sverige kommer drabbas av ett mer oberäkneligt klimat enligt Naturvårdsverket (2020).

Möjligen skulle övervakning de viktiga faktorerna, i kombination med fortsatt inventering, kunna vara ett sätt att eventuellt undvika ett utdöende. Faktorerna är nederbörd, temperatur och luftfuktighet. Samtliga av dessa faktorer relaterar till varandra i stor utsträckning och påverkar skuggbräken olika beroende på vilket stadiet i förökningen man tittar på.

Gametofyten är beroende av en högre luftfuktighet än sporofyten. Däremot reagerar även sporofyten positivt på en högre luftfuktighet enligt Schwerbrock & Leuschner (2016) och är mindre beroende av fukten i marken. Av denna anledning kräver arten skuggade områden, med vegetation som höjer luftfuktigheten genom transpiration.

Om möjlighet finns att förändra sammansättningen av träd, för att få mindre andel bok i området hade det troligen varit positivt för skuggbräken. Detta är dock mindre sannolikt på grund av de andra naturvärden som prioriteras i området (Länsstyrelsen Skåne 2018).

5.4. Förökning *ex situ*

Som kan ses i Bilaga 1 är det fullt möjligt att driva upp skuggbräken *ex situ*. Resultaten från dessa sporsådder har varit framgångsrika även med relativt gamla sporer, som förvarats under mindre optimala förhållanden.

5.5. Genetiska riktlinjer för skuggbräken

För att bevara så stor del av populationens genetik som möjligt rekommenderas det att samla in sporer från samtliga kvarvarande plantor. På grund av att det är så pass få plantor att samla från är detta praktiskt möjligt för odling *ex situ*.

Om det i fallet med *P. braunii* också innebär högre grad av självfertilisering kan det antas att den genetiska variationen i den svenska populationen är relativt låg. Detta på grund av att då antalet individer är förhållandevis lågt och varit på en nivå av enbart 8 plantor, 1997.

Polyploiditet innebär också att en art i lägre utsträckning lider negativa konsekvenser av självbefruktnings (Barringer 2007), och på så sätt kan ha fungerande populationer med relativt liten genetisk variation, jämfört med besläktade diploida taxa. Polyploiditeten ger dem en större inbyggd genetisk variation enligt.

5.6. Utplantering av odlat material

Utsättning av hotade växter är inte speciellt vanligt förekommande i Sverige, men förekommer frekvent på global nivå med blandad framgång. Det är dock allt mer intressant ur ett svenskt perspektiv och Rosquist et al. (2018) går igenom arbetet som görs i Skåne.

Utplantering av material skulle kunna vara en metod för att både stärka den befintliga populationen och även etablera på historiska eller andra passande växtplatser.

Direktsådd av sporer samlad från odlade plantor skulle också kunna vara en metod för att etablera nya populationer på andra platser i ravinen där populationen redan växer eller någon annanstans inom Söderåsens nationalparken med liknande förutsättningar.

Referenser

- Artfakta (u.å.). *Skuggbräken, Polystichum braunii*.
<https://artfakta.se/naturvard/taxon/polystichum-braunii-1269> [2021-03-02]
- Barringer, B.C. (2007). Polyploidy and Self-Fertilization in Flowering Plants. *American Journal of Botany*. 94(9). 1527-1533. <https://www.jstor.org/stable/27733324>
- Britannica (u.å.). *Alternation of generations*.
<https://www.britannica.com/science/alternation-of-generations> [2021-03-08]
- Brzeskiewicz, M. and Fields, D. (2003). *Conservation Assessment for Braun's Holly Fern (Polystichum braunii)*. [Faktablad]. USDA Forest Service, Eastern Region.
<https://epicroadtours.us/2015/mm/mich-samp/holly-fern.pdf> [2021-03-21]
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., and Dirzob, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *PNAS*. 114(30), 6089-6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Christenhusz, Maarten JM & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*. Magnolia Press. 261(3), 201–217.
<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>
- Den virtuella floran, Naturhistoriska riksmuseet (1998). *Polystichum Roth, Taggbräknar*.
<http://linnaeus.nrm.se/flora/orm/polypodia/polys/welcome.html> [2021-03-07]
- European Parliament (2020). Biodiversity loss: what is causing it and why is it a concern?
<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20200109STO69929/biodiversity-loss-what-is-causing-it-and-why-is-it-a-concern> [2021-03-23]
- Floraväktarna (2020). Inventeringsdata för Skuggbräken av Floraväktarna. [Internt material]
- Jacob, M., Viedenz, K., Polle, A. et al. (2010) Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagus sylvatica*). *Oecologia*. 164, 1083–1094. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1699-9>
- Jones, J. - Brooklyn Botanic Garden (2016). *How to Grow Ferns from Spores*.
https://www.bbg.org/gardening/article/growing_ferns_from_spores. [2021-03-09]
- Jorgensen, S.A. and Barrington, D.S. (2017). Two Beringian Origins for the Allotetraploid Fern *Polystichum braunii* (Dryopteridaceae). *Systematic Botany*. 42(1), 6-16.
<https://doi.org/10.1600/036364417X694557>
- Länsstyrelsen Skåne (2018). *Bevarandeplan för Natura 2000-området Söderåsen*. [Faktablad].
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.2c30d6f167c5e8e7c0359/1545225414754/S%C3%B6der%C3%A5sen%20bevarandeplan.pdf> [2021-03-21]
- Mütter, H., Birks, H.J.B. & Odland, A. (1998). The comparative ecology of *Polystichum aculeatum*, *P. braunii*, and *P. lonchitis* in Hordaland, western Norway. *Nordic Journal of Botany*. 18(3), 267-288. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1998.tb01880.x>
- Naturvårdsverket (2020). *Effekter i Sverige*.
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Klimatet-i-framtiden/Effekter-i-Sverige/> [2021-03-08]

- Naturvårdsverket (2001). *Skötselplan för Söderåsens nationalpark*. [Faktablad].
<https://www.sverigesnationalparker.se/globalassets/soderasen/filer/soderasen-nationalpark-skotselplan.pdf> [2021-03-21]
- Oxford Reference (u.å.). *ex situ*.
<https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110810104854504>
 [2021-03-22]
- Oxford Reference (u.å.). *in situ*.
<https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803100004895>
 [2021-03-22]
- Quintanilla, L.G., Amigo, J., Pangua, E. & Pajaroán, S. (2002). Effect of Storage Method on Spore Viability in Five Globally Threatened Fern Species. *Annals of botany*. 90(4), 461-467. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf224>
- Rosquist, G., Eriksen, B., Persson, H., Sandberg, J., Svensson, Å. & Wigermo, C. (2018). Bevarande av akut hotade kärlväxter. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 112(5), 316-325.
<https://fredriksdal.se/wp-content/uploads/2019/03/rosquist-m-fl-2018-sbt.pdf>
 [2021-03-21]
- Schwerbrock, R. (2016). Vulnerability analysis of the rare woodland fern *Polystichum braunii* (Dryopteridaceae) in Germany. *Plant Ecology & Diversity*. 10(4), 1-14.
<https://doi.org/10.1080/17550874.2017.1379569>
- Schwerbrock, R. & Leuschner, C. (2016). Air humidity as key determinant of morphogenesis and productivity of the rare temperate woodland fern *Polystichum braunii*. *Plant biology*. 18(4), 649-657. <https://doi.org/10.1111/plb.12444>
- Schwerbrock, R. & Leuschner, C. (2017). Vulnerability analysis of the rare and endangered woodland fern *Polystichum braunii* in Germany: three possible causes of population decline. *Plant Ecology & Diversity*. 10(4), 1-14.
<https://doi.org/10.1080/17550874.2017.1379569>
- SMHI (2020). Gillastig, Nederbörd, summa 1 månad. (2020-07-04). Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=precipitationMonthlySum,stations=active,stationid=63010> [2020-07-04]
- SMHI (2020). Helsingborg A, Lufttemperatur, max- och minvärde 1 dygn. (2020-07-04). Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airTemperatureMinAndMaxOnceEveryDay,stations=active,stationid=62040>
 [2020-07-04]
- SMHI (2020). Helsingborg A, Relativ luftfuktighet timvärde. (2021-03-01). Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer#param=airHumidity,stations=active,stationid=62040> [2021-03-01]

Bilagor

Bilaga 1

Metodik för sporförökning av skuggbräken

Nedan beskrivs den metodik som använts vid förökning av sporer samlade i Alnarpsparken i mars 2020.

Det är viktigt att arbeta med relativt rent material. Detta för att undvika kontaminering av exempelvis mögel, mossor och alger som negativt påverkar groningen av sporer och reducerar överlevanden hos protalliumen.

I detta fallet användes Jiffy-7-pluggar, i separata burkar med skruvkork, 3 x 4 st, som vattnades upp med kokande vatten för att på detta sätt minska tillväxten av svampar och alger. Dessa fick sedan svalna till en temperatur på ca 20-25°C.

Ytsterilisering av sporer kan utföras för att minska risken för att få oönskad tillväxt av bland annat alger och svampar. Detta görs vanligen med en 2% klorinlösning, natriumhypoklorit. Det gjordes inte för sådderna av skuggbräken, men motsvarande sådd av stensöta, *Polypodium vulgare*, resulterade i mycket mögeltillväxt. Dock bildades ändå gametofyter.

Sporerna sprids sedan på pluggen och burken försluts. Burkarna placerades sedan under en 50 W LED-strålkastare.

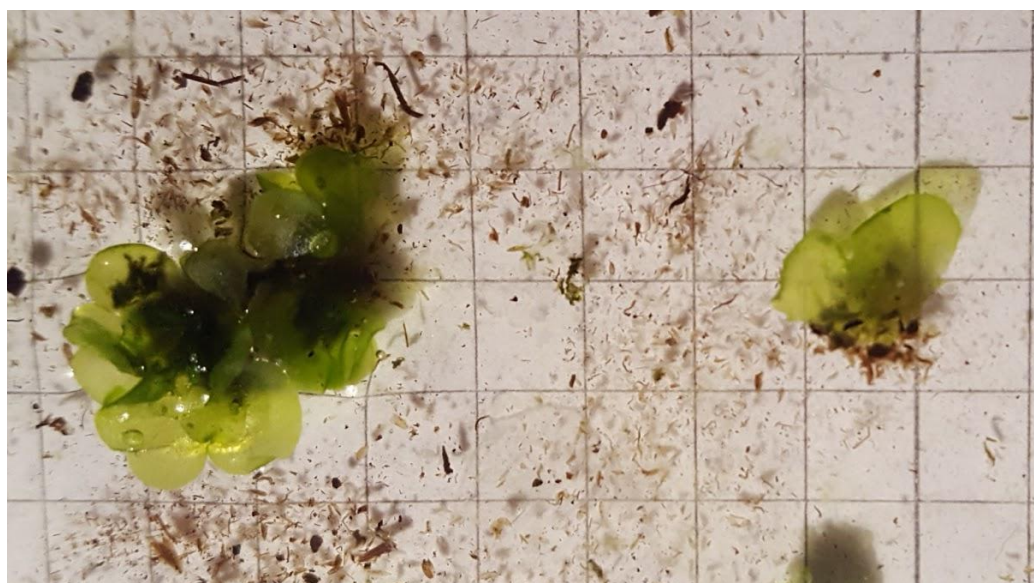
Efter ungefär en månad kan den första gametofyttillväxten ses, och efter ungefär en månad till kan protallium separeras till individuella Jiffy-7-pluggar. Detta på grund av att tätväxande protalliesamlingar utvecklas sämre. Se *Figur 5*.



Figur 5. Samling av protallier.

De individuella protallierna separeras suspenderade i en film med rent vatten som håller en temperatur på ca 25°C. Se *Figur 6*.

Separationen av protallier är viktig för att de ska utvecklas korrekt. För tät tillväxt leder till att arkegonet inte utvecklas ordentligt och befruktningen uteblir.



Figur 6. Vänster; Ej separerad samling av protallier. Höger; separerad protallium. Ruta 5x5 mm för storlek.

De separerade protallierna planteras sedan på separata Jiffy-7-pluggar i tätslutande transparenta plastlådor, som kan ses i *Figur 7*.



Figur 7. Protallier separerade och planterade separat på Jiffy-7-pluggar.

Plastlådorna ställdes sedan under en 50 W LED-strålkastare för fortsatt tillväxt. Efter hand har dessa fått droppar från pipett med vatten (ca 25°C) för att stimulera fertilisering och bildande av sporofyten.

De första sporofyterna bildas sporadiskt med enstaka blad efter ytterligare ett antal veckor. Se *Figur 8*. Gametofyter utan sporofytbildning har fått ytterligare droppar efter 30 dagar.

Efter hand differentieras bladen och blir parbladiga. Den adulta plantan är dubbelt parbladig. Se *Figur 9, 10 och 11*.

När risken för frost är över kommer dessa flyttas ut till en skuggig plats och efter hand vänjas vid den lägre luftfuktigheten utan för plastlådan.



Figur 8. Sporofytens första blad växer upp från gametofyten.



Figur 9. Sporofytens första blad börjar uppvisa flikighet.



Figur 10. Ung sporofyt som börjar uppvisa parbladighet.



Figur 11. Adult blad från odlad planta som är dubbelt parbladig.

Bilaga 2

Genetiska beräkningar för bevarande av genetisk diversitet

Dessa beräkningar och modeller är gjorda på egen hand, då den litteraturen som hittats i ämnet har varit dåligt underbyggd. De ska alltså enbart ses som ett exempel på hur man skulle kunna gå tillväga för att utvärdera mängden material som behöver bevaras.

Att beräkna det genetiska bevarandet i en population, utan analyser, är svårt och kan enbart göras utefter den data som finns tillgänglig, här på individnivå. I fallet med skuggbräken, som är generationsväxla, har beräkningar gjorts på den haploida gametofytens arvsmassa. Denna innehåller 50% av individens arvsmassa och i fall med självfertilisering innebär detta att enbart hälften av arvsmassan bildar den slutliga sporofyten. För att försäkra sig om att >99% av arvsmassan hos en specifik individ bevaras krävs i detta fallet att minst 7 stycken nya sporofyter i slutändan produceras från moderplantan.

Beräkningen på individnivå är gjord enligt följande; $n_{ind} = 1 - 0,5^{x_{ind}}$, där

n_{ind} = procent bevarad genetik per individ och

x_{ind} = antalet själv fertiliserade gametofyter. För ett bevarande av >99% av en individuell plantas genetik krävs alltså att $x \geq 7$, se figur 1. Totalt 84 sporofyter uppkomma via självfertilisering från samtliga 12 plantor.

Vid beräkningar av hela populationen har följande formel använts; $n_{tot} =$, där

n_{tot} = procent bevarad genetik hela populationen,

x_{tot} = antalet självfertiliserade gametofyter och

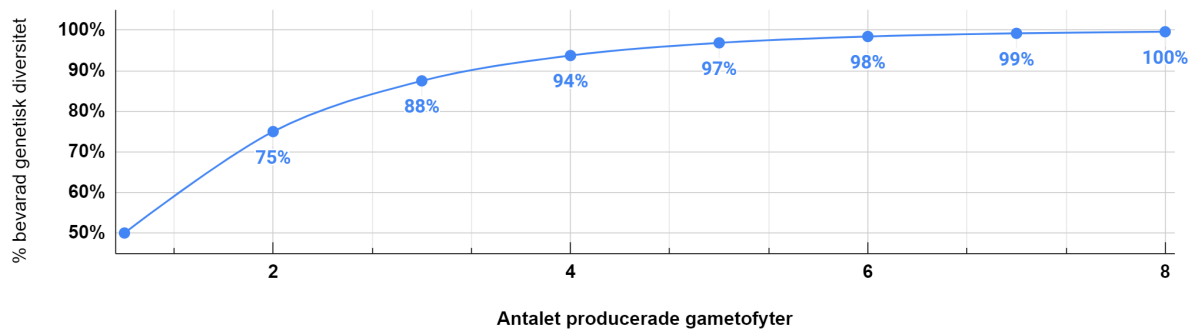
y = antalet individer ursprungspopulationen. För bevarande av 99% av populationens genetik krävs att $x \geq 11$ självfertiliserade gametofyter produceras per individ, se figur 2.

Detta ger alltså 11 självfertiliserade gametofyter per individ från ursprungspopulationen och totalt 132 självfertiliserade gametofyter, $m_{tot} = n_{tot} * x_{tot} * y = 0,99 * 11 * 12 \approx 130$, där

m_{tot} = totalt antal behövda gametofyter producerade från ursprungspopulationen.

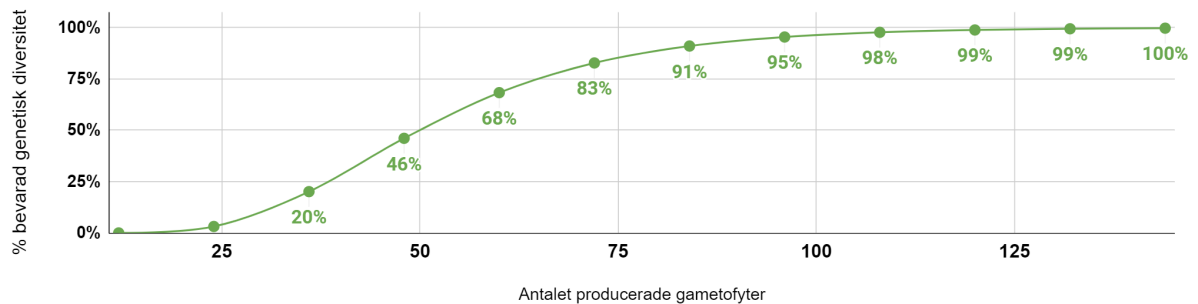
Här nedanför finns estimerade kurvor som visar hur många individuella gametofyter, per individ respektive för hela populationen, som behöver produceras för att uppnå ett genetiskt bevarande på närmare 100%.

Procentuell mängd bevarad genetisk diversitet per individ vid självfertilisering



Figur 1; Den procentuella mängden bevarad genetisk diversitet per individ vid självfertilisering.

Procentuell mängd bevarad genetisk diversitet i hela populationen vid självfertilisering



Figur 2, Den procentuella mängden bevarad genetisk diversitet för hela populationen vid självfertilisering.

